

April 4, 2006

Quelques comportements remarquables en mécanique des fluides

La notion la plus importante ici est de bien comprendre que la viscosité est par définition, le rapport entre la contrainte notée τ (qui est proportionnelle dans le cas du plan incliné au sinus de l'angle d'inclinaison) et le gradient de vitesse au sein du fluide (donc vu de très loin la vitesse avec laquelle le fluide s'écoule) qu'on note habituellement $\dot{\gamma}$. La viscosité η , vaut donc

$$\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} \quad (1)$$

1 Le fluide newtonien

Le fluide newtonien se caractérise par une viscosité constante. La relation entre la contrainte et le gradient de vitesse s'écrit :

$$\tau = \eta \dot{\gamma} \quad (2)$$

Les fluides newtoniens les plus connus sont par exemple l'eau ou le miel.

2 Le fluide à seuil

Un fluide à seuil est un fluide qui nécessite une certaine contrainte pour se mettre en mouvement. C'est par exemple le cas du gel pour les cheveux. Il ne s'écoulera qu'à partir du moment où le plan incliné aura dépassé un certain angle. L'équation constitutive du comportement du fluide peut s'écrire

$$\tau = \tau_c + \eta \dot{\gamma} \quad (3)$$

où τ_c est la contrainte dite critique nécessaire à mettre le fluide en mouvement

3 Le fluide rhéofluidifiant ou rhéoépaississant

Le fluide rhéofluidifiant est un fluide qui, plus il subit une contrainte importante, plus il devient fluide. Imaginons que nous mettions ce fluide dans un pot, plus l'agitation du fluide sera importante, plus il deviendra fluide. On voit donc que c'est un comportement différent de l'eau qui n'aura pas de changement de viscosité en fonction de la contrainte. Un exemple de fluide rhéofluidifiant pourrait être la crème fraîche par exemple. Le fluide rhéofluidifiant peut être aussi un fluide à seuil. En effet, si on reprend l'idée du plan incliné il faudra aussi un certain angle avant que la crème fraîche ne commence à s'écouler. Selon ces deux comportements, on peut proposer l'équation constitutive suivante :

$$\tau = \tau_c + a\dot{\gamma}^n \quad (4)$$

ou τ_c peut être nulle ou non. Etant donné que nous avons vu que la définition de la viscosité est le rapport entre τ et $\dot{\gamma}$, on a une viscosité dépendant de la contrainte qui vaut $a\dot{\gamma}^{n-1}$

4 Le cas particulier de la thixotropie

Le fluide thixotrope est un fluide à seuil avec le plus souvent une contrainte critique mais sa viscosité dépend aussi du temps. Si vous faites une expérience simple en faisant varier le temps de repos de votre bentonite, vous vous rendez compte que plus vous attendez, plus la viscosité augmente : c'est le caractère thixotrope du fluide. Le caractère rhéofluidifiant peut être mis en évidence en constatant que plus on touille fort la bentonite dans un pot, plus elle devient liquide. Il existe une équation constitutive pour modéliser la viscosité (je vous la donne mais ce n'est pas très important) Pour cela on définit ce qu'on appelle un paramètre de structure qu'on note λ

$$\frac{d\lambda}{dt} = \frac{1}{T_0} - \alpha\lambda\dot{\gamma} \quad (5)$$

où T_0 est le temps caractéristique d'évolution de la microstructure et α un paramètre du système. Du paramètre de structure dépend la viscosité selon la relation suivante :

$$\eta = \eta_0 e^\lambda \quad (6)$$

où η_0 est la viscosité du fluide complètement déstructuré.

Les équations pour le fluide thixotrope paraissent compliquées mais elles ne le sont pas plus que pour un montage électrique.... (cf. les cours de S. Dellamaestra ;)